

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

08.08.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2002年 8月 9日

出 願 番 号
Application Number: 特願2002-232264

[ST. 10/C]: [JP2002-232264]

出 願 人
Applicant(s): 日立ホーム・アンド・ライフ・ソリューション株式会社

REC'D 26 SEP 2003

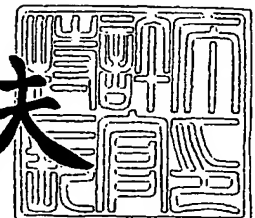
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 9月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 1102011241
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H02K 1/27
【発明の名称】 永久磁石式回転電機の回転子
【請求項の数】 10
【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号
株式会社 日立製作所 日立研究所内
【氏名】 谷口 司

【発明者】
【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号
株式会社 日立製作所 日立研究所内
【氏名】 三上 浩幸

【発明者】
【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号
株式会社 日立製作所 日立研究所内
【氏名】 菊地 聡

【発明者】
【住所又は居所】 茨城県日立市東多賀町一丁目 1 番 1 号
日立ホーム・アンド・ライフ・ソリューション株式会社
多賀事業所内
【氏名】 常楽 文夫

【発明者】
【住所又は居所】 茨城県日立市東多賀町一丁目 1 番 1 号
日立ホーム・アンド・ライフ・ソリューション株式会社
多賀事業所内
【氏名】 原田 秀行

【特許出願人】

【識別番号】 502131431

【氏名又は名称】 日立ホーム・アンド・ライフ・ソリューション株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 永久磁石式回転電機の回転子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の巻線を施した固定子と、
前記固定子の内側で回転可能に回転軸に支持される回転子鉄心と、
前記回転子鉄心内に設けられたスロット内に収納される複数の磁石とを備え、
一磁極を構成する前記複数の磁石の周方向角度が電気角で 150 度～165 度の範囲となることを特徴とした回転電機。

【請求項 2】

複数の巻線を施した固定子と、
前記固定子の内側で回転可能に回転軸に固定される回転子鉄心と、
前記回転子鉄心内に設けられたスロット内に収納される複数の磁石とを備え、
一磁極を構成する前記複数の磁石のうち、磁極端部側に配置される磁石の配向が磁極中心位置方向に向かうように当該磁石を配置したことを特徴とした回転電機。

【請求項 3】

請求項 2 において、前記一磁極を構成する複数の磁石のうち、磁極端部側に配置される磁石の配置が、前記回転軸中心と当該磁石中心の 2 点を通る直線上の前記回転子鉄心における外周表面の点を接点とした接線と当該磁石がなす角度を 2 度～6 度の範囲で磁極中心位置方向に向かうように配置されたことを特徴とした回転電機。

【請求項 4】

請求項 1 において、前記スロットの形状を前記各磁石間にスリットが形成される形状としたことを特徴とした回転電機。

【請求項 5】

請求項 2 において、前記スロットの形状を前記各磁石間にスリットが形成される形状としたことを特徴とした回転電機。

【請求項 6】

請求項 4 において、前記スリット部に磁石固定材を封入したことを特徴とした回転電機。

【請求項 7】

請求項 5 において、前記スリット部に磁石固定材を封入したことを特徴とした回転電機。

【請求項 8】

請求項 1 において、前記磁石の形状を平板形状としたことを特徴とした回転電機。

【請求項 9】

請求項 2 において、前記磁石の形状を平板形状としたことを特徴とした回転電機。

【請求項 10】

請求項 3 において、前記磁石の形状を平板形状としたことを特徴とした回転電機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、永久磁石を有する回転電機の回転子で、特に回転子の鉄心に磁石を埋め込んだ、埋め込み磁石型回転子に関わるものである。

【0002】

【従来の技術】

従来技術として特開 2002-44887 号公報があり、Nd-Fe-B 焼結磁石を回転子鉄心に埋め込み、回転子を構成した例がある。磁石は平視一文字状の平板形状で、回転子外周にほぼ内接し、略多角形状となるように配列されている。更に、磁石は回転子周方向の全周に渡り配置してあり、磁極は複数個で均等に分割した磁石で構成されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来技術においては、回転子鉄心の外周円に内接するように、その全周に

渡り磁石を均等に配列しているため、磁束分布が大きく分散し、良好な磁束分布を得ることができず、誘導起電力波形の歪み率が大きく、誘導起電力の基本波実効値が低下することにより回転電機効率が低下していた。また、コギングトルクが大きくなり、電動機運転時の起動電流が増大してスムーズな始動が難しかった。さらに、回転子全周に渡って磁石を配置するため、磁石使用量が増えコスト高を招くという不具合があった。

【0004】

そこで本発明の目的は、以上のような不具合を解消し、高効率・高性能でかつ安価な永久磁石式回転電機を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、複数の電機子巻線を施した固定子の内周に配置した永久磁石を有する回転子において、磁極一極あたり、少なくとも3個以上の磁石から構成され、かつ磁極一極を形成する磁石群の電気角に占める合計角度を150度～165度の範囲となるように設定する。これにより、磁束が磁極中心に集中するので良好な磁束分布を得ることができると共に、誘導起電力の基本波実効値が高められるので回転電機効率が向上する。さらに、磁石群は磁極中心位置に集中配置するので、磁石使用量が少なくなり、安価な永久磁石式回転電機を提供できる。

【0006】

また、磁極端部側に配置される磁石の配向が磁極中心位置方向に向かうように傾斜配置することで、誘導起電力波形の歪み率とコギングトルクが低減され、回転起動時に必要な電流値を小さくできると同時にスムーズな回転始動を得ることができるようになる。さらにその傾斜角度を2度～6度の範囲とすれば、誘導起電力を効果的に高めることができるため、回転電機の高性能化も実現できる。

【0007】

さらに、磁石が収納されるスロット形状を各磁石間にスリットが形成される形状とすれば、各磁石間に発生する漏れ磁束が低減され、磁石の利用効率を高めることができる。ここで、前記スリット部に磁石固定材を封入すれば回転子の信頼

性も向上可能となる。加えて以上の磁石形状を平板形状とすることで、磁石コストを低減することができる。

【0008】

【発明の実施の形態】

本発明に係る回転電機の実施の形態について、図面を用いて以下2極の例で説明する。

【0009】

図1には、本発明に係る回転電機の一実施形態である永久磁石式回転電機の回転子構造を示す。回転子1は、回転子鉄心2、磁石が収納されるスロット3、N極側永久磁石10、S極側永久磁石11、回転軸20および磁石10、11の外周側に複数の制動巻線4を備えている。回転子鉄心2は所定の形状に打ち抜かれた薄鉄板を複数積層して形成された円筒状積層鉄心である。

【0010】

N極側永久磁石10とS極側永久磁石11は磁束 Φ_f を発生する磁石であり、一磁極あたり3分割されている。これら磁石は2つの磁極を構成するように、回転子鉄心2の外周側表面部近傍に設置されたスロット3内に配置され、各スロット3は磁極中心位置方向に集中するように配置される。ここで、一磁極を構成する磁石群の電気角に占める合計角度を磁石の周方向角度 θ_1 とすれば、磁石の周方向角度 θ_1 を適正な値に設定することにより、回転電機諸特性を格段に改善できることがわかった。以下、その詳細について述べる。

【0011】

図2に発電機運転をした場合の無負荷誘導起電力、無負荷誘導起電力波形の歪み率およびコギングトルクの各特性に対する磁石の周方向角度 θ_1 の関係を示した。なお図7に示すように、従来技術は一磁極を構成する磁石群が均等配置されており、かつ一磁極あたりの磁石の周方向角度 θ_1 はほぼ180度に近い値となる。そこで、図2では従来技術による磁石の周方向角度 θ_1 を175度とし、磁石の周方向角度 θ_1 を135度～175度の範囲で検討すると共に、磁石の周方向角度 θ_1 を変更した場合の各結果は磁石の周方向角度 θ_1 が175度の場合を基準として表記している。

【0012】

図2において、永久磁石式回転電機の効率と密接に関係する無負荷誘導起電力が従来技術よりも大きく、かつ発電機機能として重要な無負荷誘導起電力波形の歪み率および回転電機の振動や騒音に影響を与えるコギングトルクが共に従来技術よりも小さくなる磁石の周方向角度 $\theta 1$ は、150度から175度未満の範囲となっている。しかしながら、無負荷誘導起電力波形の歪み率およびコギングトルクは磁石の周方向角度 $\theta 1$ が165度を越えると急激に増大していることがわかる。したがって、機械振動や騒音を少なくしたい場合は、磁石の周方向角度 $\theta 1$ における上限を165度とすることが妥当といえる。よって、本発明においては磁石の周方向角度 $\theta 1$ の最適な範囲として150度から165度の範囲を採用した。

【0013】

図3には、本発明に係る回転電機の他の実施形態である永久磁石式回転電機の回転子1の構造を示す。回転子1は、回転子鉄心2、磁石が収納されるスロット3、N極側永久磁石10(10a, 10b, 10c)、S極側永久磁石11(11a, 11b, 11c)、回転軸20および磁石10, 11の外周側に複数の制動巻線4を備えている。回転子鉄心2は所定の形状に打ち抜かれた薄鉄板を複数積層して形成された円筒状積層鉄心である。

【0014】

N極側永久磁石10とS極側永久磁石11は磁束 Φf を発生する磁石であり、一磁極あたり3分割されている。これら磁石群のうち、磁極端部に位置する磁石10a, 10c, 11a, 11cは、磁極中心位置方向に向かうように傾斜して配置する。ここで、図3に示すように磁石が磁極中心位置方向に向かう角度、すなわち回転軸中心と磁石中心の2点を通る直線上の回転子鉄心2における外周表面上の点Psを接点とした接線L1(=L2)と磁石がなす角度を磁石の傾斜角度 $\theta 2$ とすれば、磁石の傾斜角度 $\theta 2$ を適正な値に設定することにより回転電機諸特性を格段に改善できることがわかった。以下、その詳細について述べる。

【0015】

図4に発電機運転をした場合の無負荷誘導起電力、無負荷誘導起電力波形の歪

み率およびコギングトルクの各特性に対する磁石の傾斜角度 $\theta 2$ の関係を示した。ここで従来技術は磁石の傾斜角度 $\theta 2$ が 0.0 度であることから、磁石の傾斜角度 $\theta 2$ を変更した場合の各結果は、磁石の傾斜角度 $\theta 2$ が 0.0 度の場合を基準として表記している。なお、磁石を傾斜する角度の符号は磁極中心位置方向に傾斜する向きを正とした。

【0016】

図4に示すように、磁石の傾斜角度 $\theta 2$ を -2.5 度から 10.0 度の範囲で検討したところ、無負荷誘導起電力は 0.0 度 $< \theta 2 < 10.0$ 度の角度範囲で大きくなった。また、無負荷誘導起電力波形の歪み率およびコギングトルクは、 0.0 度を除いた -2.5 度から 10.0 度の全検討範囲で小さくなっていることがわかった。これより、磁石の傾斜角度 $\theta 2$ が 0.0 度の基準特性に対して、無負荷誘導起電力が大きく、かつ無負荷誘導起電力波形の歪み率およびコギングトルクが小さくなる条件を同時に満たす磁石の傾斜角度 $\theta 2$ は、 0.0 度 $< \theta 2 < 10.0$ 度の範囲であることがわかる。つまり、磁極端部側に配置した磁石を少なからず正方向に傾斜すれば、傾斜しない場合に対して回転電機の諸特性を改善できることになる。さらに図4からは、永久磁石式回転電機の効率と密接に関係する無負荷誘導起電力が、磁石の傾斜角度 $\theta 2$ を 2 度から 6 度の範囲に設定した場合にほぼ最大となっていることがわかる。したがって、本発明では以上の点を鑑み、磁石の傾斜角度 $\theta 2$ の最適な範囲として 2.0 度から 6.0 度の範囲を採用した。

【0017】

以上、磁石周方向角度 $\theta 1$ 、磁石傾斜角度 $\theta 2$ のどちらか一方でも、本実施例の角度範囲の条件を満足していれば、回転電機の諸特性が向上できる。また、磁石周方向角度 $\theta 1$ と磁石傾斜角度 $\theta 2$ の両方を、前記の角度範囲となるように設定すれば、相乗作用によって回転電機の諸特性を更に向上できることは言うまでもない。また、図5に示すように、図1および図3に記載した制動巻線4がない場合でも本発明の効果が損なわれることはない。この場合、制動巻線分の製造コストを低減できるため、さらに安価で回転電機を提供できる利点がある。なお、図2および図4では発電機動作時の特性を示したが、電動機動作においても本発

明の効果を享受できる。電動機動作時には、コギングトルクや誘導起電力波形の歪み率が低減されていることで起動時の起動電流や振動を小さくできるという効果がある。

【0018】

図6は本発明の他の実施例を示す回転子構造の説明図であり、スロット3に磁石10、11を収納した際に、各磁石10、11間にスリット15が形成されるスロット3の形状とした一実施例である。スリット15は、空気（空洞）のままでも各磁石10、11間に発生する漏れ磁束が低減し、磁石の利用効率が高められる効果を有するが、さらに樹脂や接着剤等の磁石固定材を封入すれば磁石10、11と回転子鉄心2との隙間まで磁石固定材が浸透することにより、磁石10、11と回転子鉄心2との固定をしっかりとできるため、特に高速回転により遠心力が大きくなる場合の回転子鉄心2の変形や磁石10、11の飛散防止に有効であり、回転子1の信頼性を向上できる。なお、図6では制動巻線を記載していないが、制動巻線が存在する場合でも本実施例の効果が有効であることは言うまでもない。

【0019】

以上、本発明の各実施例においては、磁石形状として平板形状を採用した場合を例とした。平板状磁石は磁石の製造加工が容易であり、さらに磁石を製造する際の母材利用率（歩留まり）が向上するため、円弧状の磁石を用いる場合よりも磁石の加工コストならびに材料コストを抑制できる効果がある。

【0020】

【発明の効果】

本発明によれば、高性能で高効率かつ安価な永久磁石式回転電機を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る永久磁石式回転電機の回転子における一実施例の構造を示す断面図である。

【図2】

磁石の周方向角度 $\theta 1$ を変化させた時の回転電機諸特性の説明図である。

【図 3】

本発明に係る永久磁石式回転電機の回転子における他の実施例の構造を示す断面図である。

【図 4】

磁石を磁極中心位置方向に傾斜する角度 $\theta 2$ を変化させた時の回転電機諸特性の説明図である。

【図 5】

本発明の他の実施例を示す回転子構造の説明図である。

【図 6】

本発明の他の実施例を示す回転子構造の説明図である。

【図 7】

従来技術による回転子構造の説明図である。

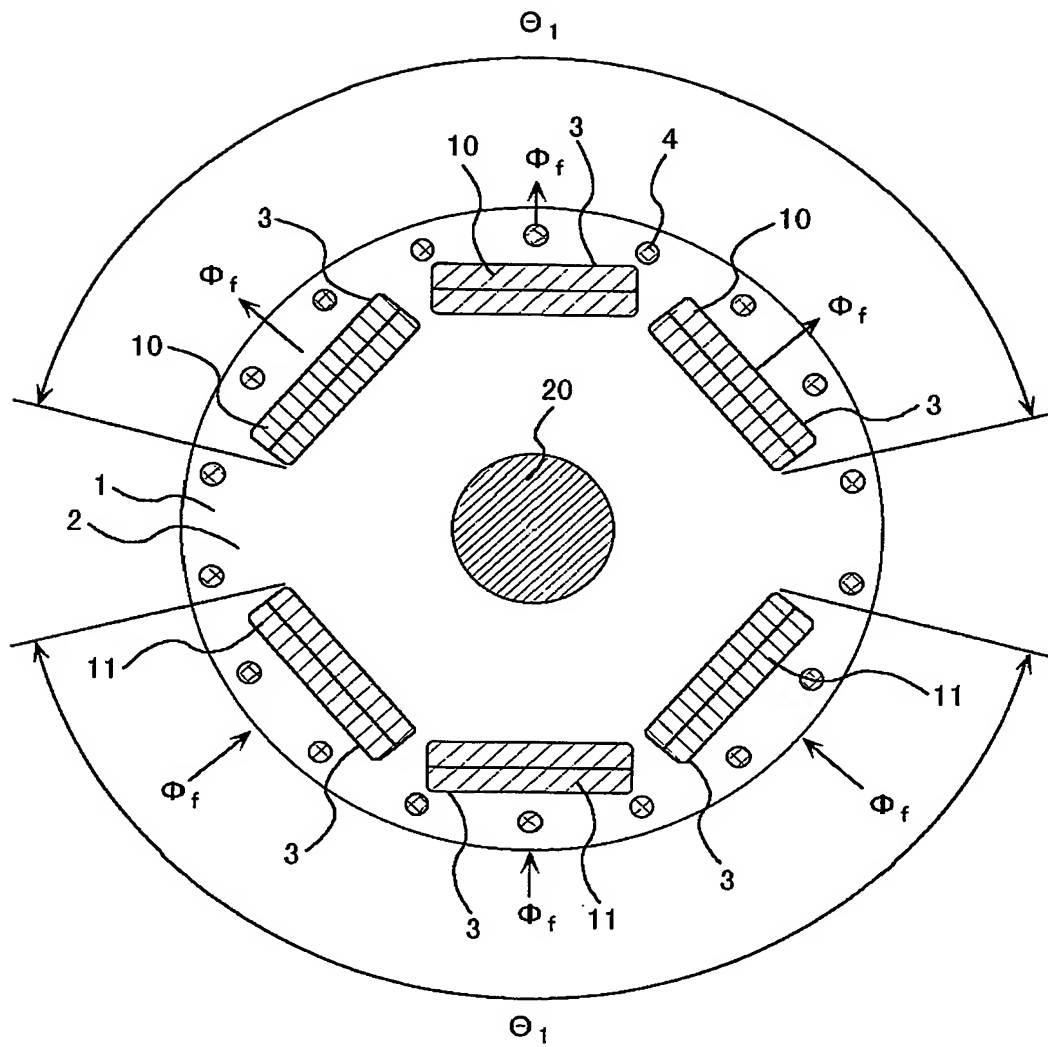
【符号の説明】

1…回転子、2…回転子鉄心、3…スロット、4…制動巻線、10…N極側永久磁石、11…S極側永久磁石、15…スリット部、20…回転軸。

【書類名】 図面

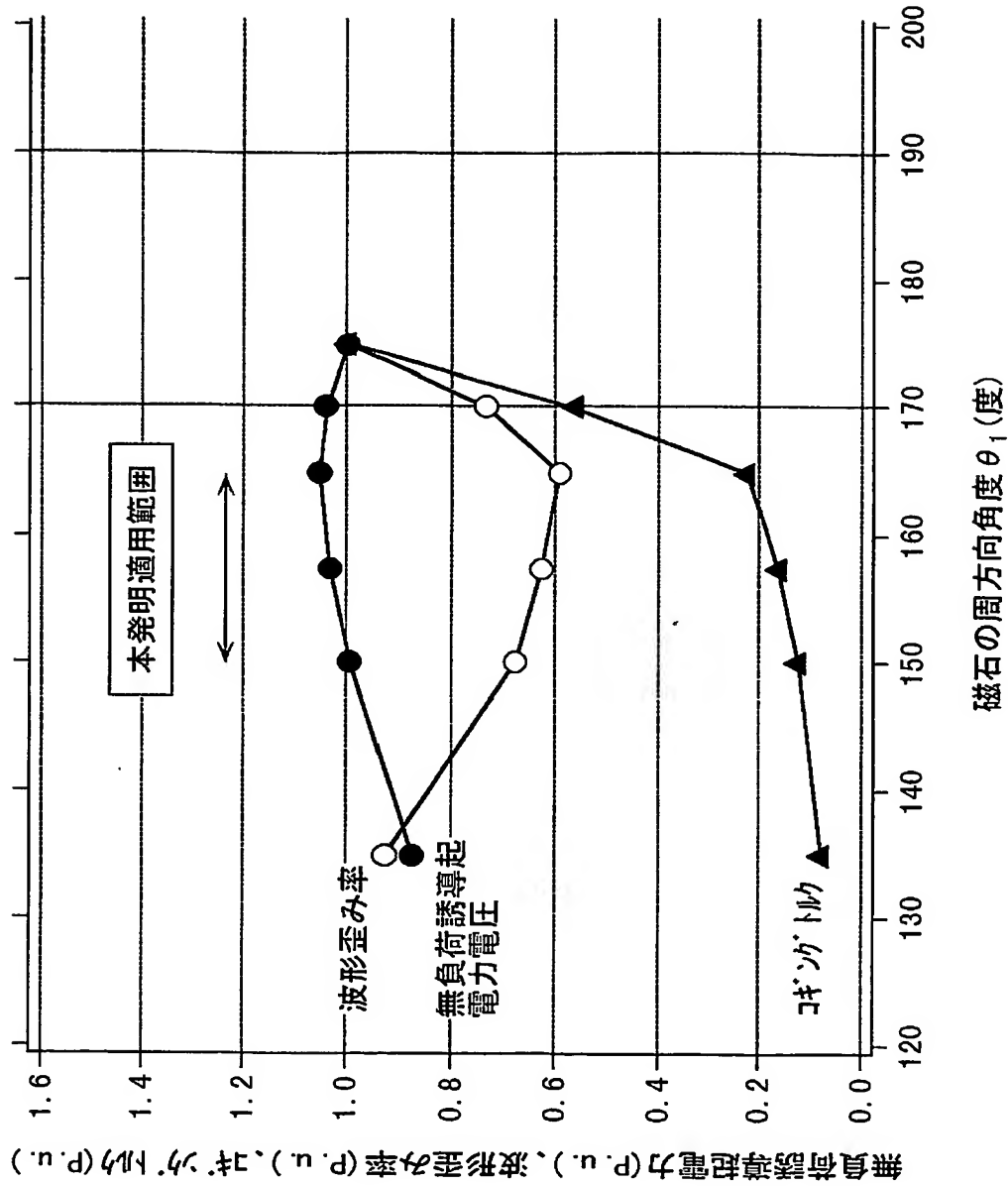
【図 1】

図 1



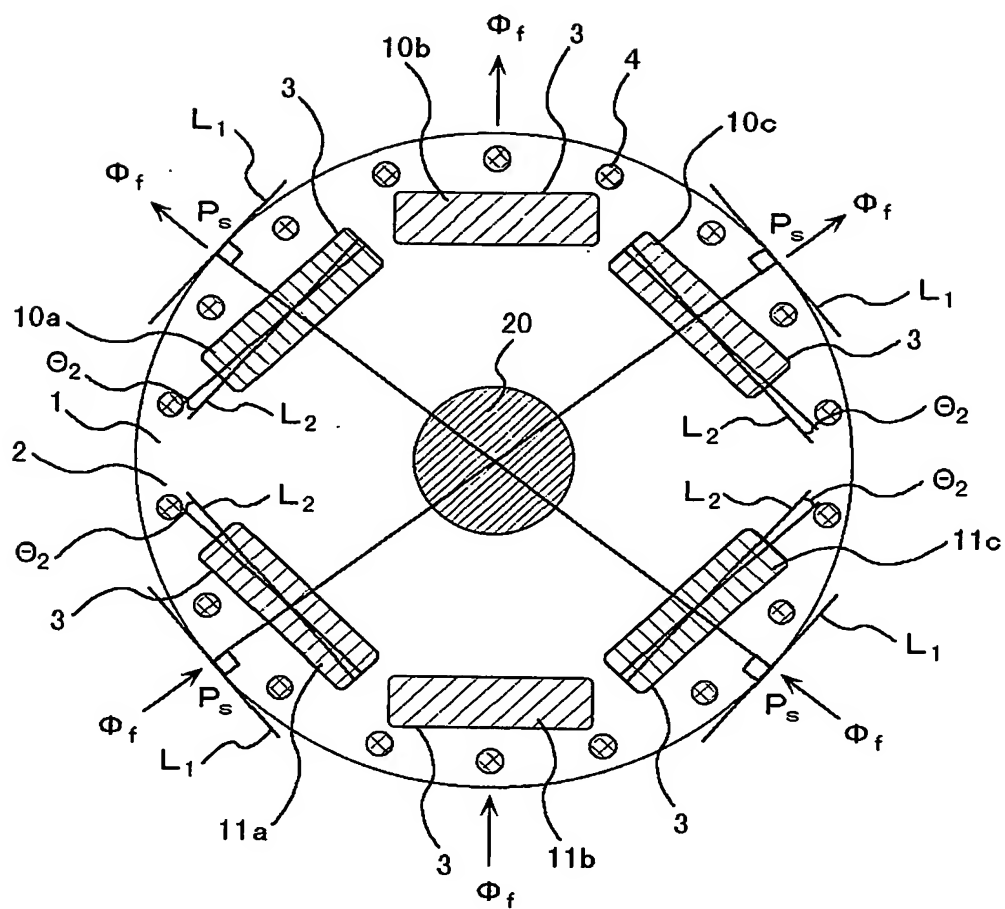
【図 2】

図 2



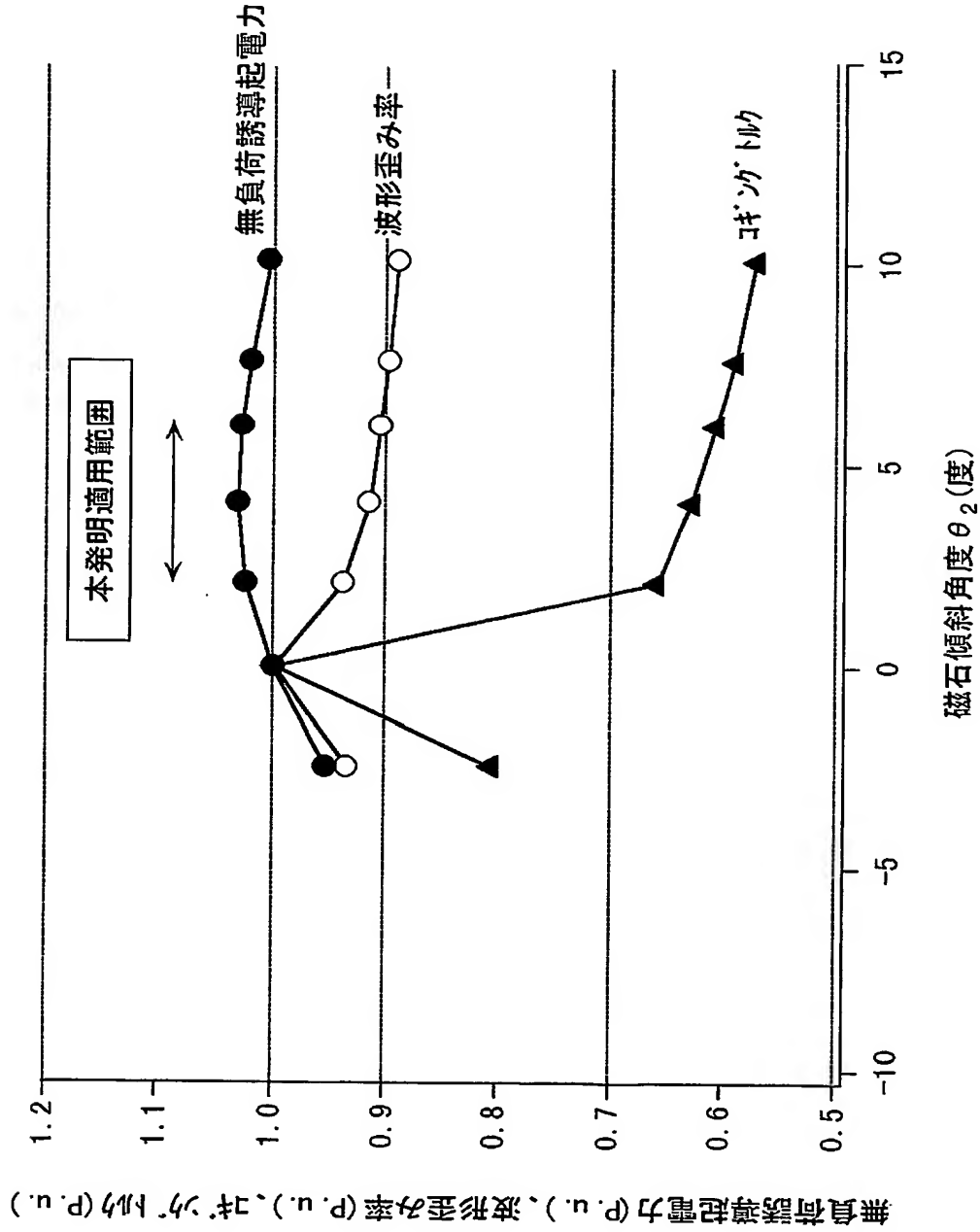
【図 3】

図 3



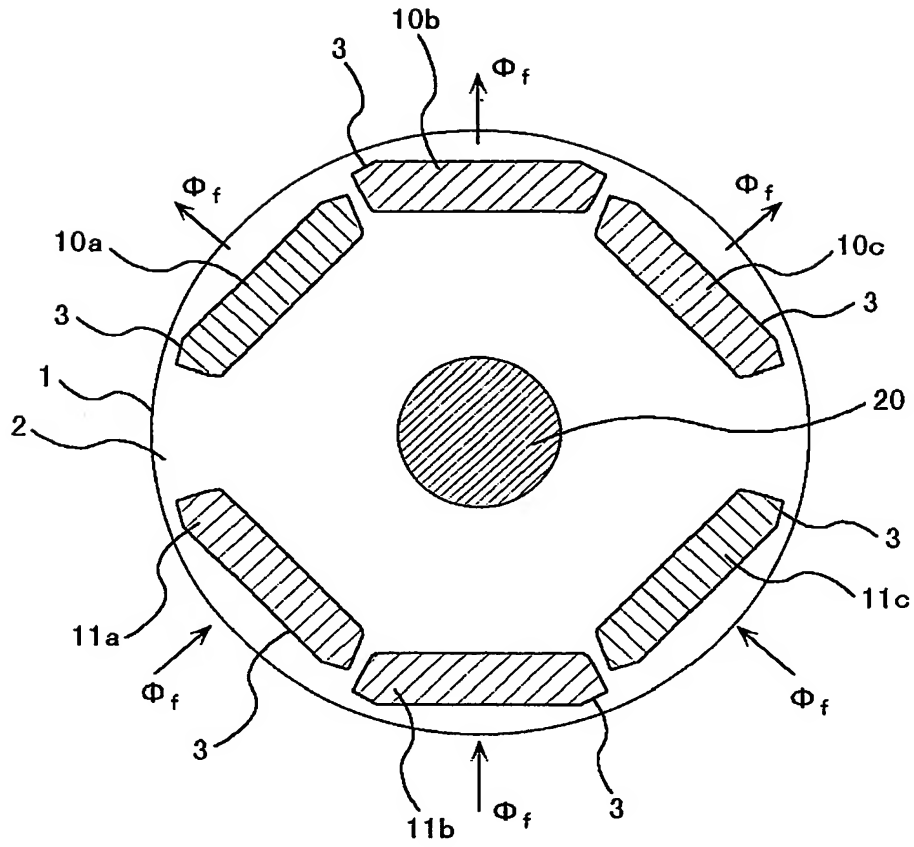
【図 4】

図 4



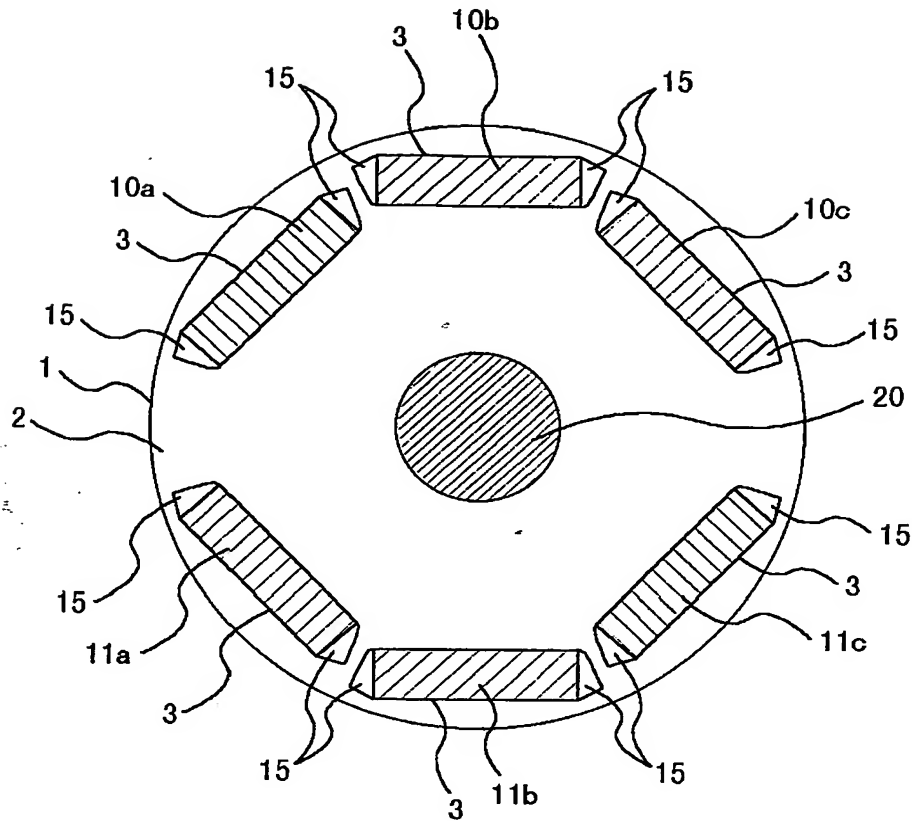
【図 5】

図 5



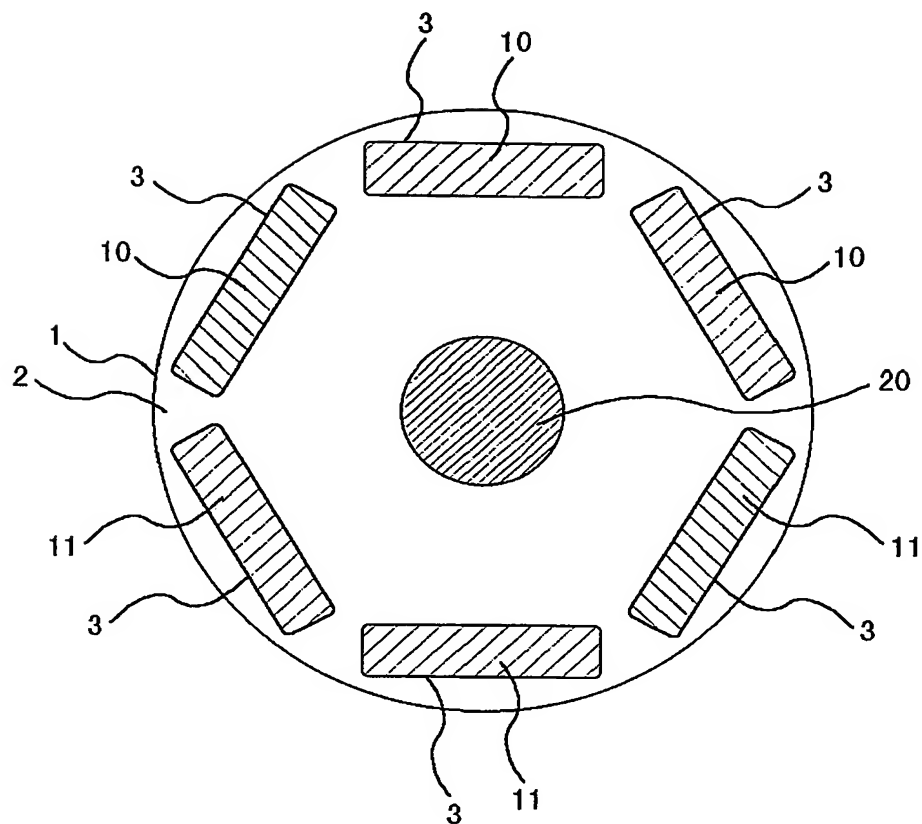
【図 6】

図 6



【図 7】

図 7



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

回転子鉄心の全周に永久磁石を均等配置する従来技術では、良好な磁束分布を得ることが難しく、コギングトルクや誘導起電力波形の歪み率が大きくなり、回転電機特性が低下していた。また、磁石を全周に渡り配置するために磁石使用量が多くコスト削減が困難であった。

【解決手段】

複数の巻線を施した固定子と、その内側で回転する回転軸に固定した回転子鉄心の外周円に沿って回転子鉄心内に設けられたスロット内に磁石が収納され、かつ一磁極あたりが少なくとも 3 個以上の磁石で構成された回転子を有する永久磁石式回転電機において、一磁極を構成する磁石群の電気角に占める合計角度を 150 度～165 度の範囲となるように設定する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-232264
受付番号	50201185683
書類名	特許願
担当官	小野塚 芳雄 6590
作成日	平成14年10月25日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年 8月 9日

次頁無

特願 2 0 0 2 - 2 3 2 2 6 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 2 1 3 1 4 3 1]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 4 月 1 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区西新橋二丁目 1 5 番 1 2 号

氏 名

日立ホーム・アンド・ライフ・ソリューション株式会社